

THE STUDY OF FERMENTATION'S LENGTH OF BLACK STICKY TAPE ((*Oryza sativa glutinosa*) ALCOHOL CONTENT AS DEVELOPMENT OF STUDENT WORKSHEET ON THE CONCEPT OF CONVENTIO BIOTECHNOLOGY CLASS XII IN SENIOR HIGH SCHOOL

Weny Andriani*, Darmawati, Sri Wulandari

e-mail: wenyandriani21@gmail.com, darmawati_msi@yahoo.com, wulandari_sri67@yahoo.com
phone: +6285263573739

Study Program of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

Abstract: *The aim of this research was to determine the sudy of fermentation's length of black sticky tape alcohol content in March to May 2015, for development of Student Worksheet of biology at the concept of conventional biotechnology class XII in Senior High School. The research was conducted with 2 phases of field research and the development of learning worksheets. Experimental research was conducted by using non factorial completely randomized design consisting of 5 treatments and 3 replicates in order to obtain 15 experimental design. If there isa real test of it will proceed further test DMRT. The observed parameters include alcohol content, temperature, pH and organoleptic texture, smell, color and flavor. The result showed that the fermentation timesignificantly influence the alcohol content of black sticky tape. 120 hours fermentation time was the best fermentation time, which can reach the highest alcohol content with an average of 0,23%. The temperature generated of the black sticky tape ranges between 30,5°C-33,6 °C. pH generated of the black sticky tape ranges between 4,64-3,54. Whereas for organoleptic texture, smell, color and flavor of black sticky tape panelists preferred is the treatment of fermentation 72 hours. Results of research for the development of student worksheets of biology at the concept of conventional biotechnology class XII in Senior High School*

Keywords: *Fermentation's length, black sticky tape, Student Worksheet.*

**KAJIAN LAMA FERMENTASI TERHADAP KADAR ALKOHOL TAPE
KETAN HITAM (*Oryza sativa glutinosa*) SEBAGAI PENGEMBANGAN
LEMBAR KERJA SISWA PADA KONSEP BIOTEKNOLOGI
KONVENSIONAL KELAS XII SMA**

Weny Andriani*, Darmawati, Sri Wulandari

e-mail: wenyandriani21@gmail.com, darmawati_msi@yahoo.com, wulandari_sri67@yahoo.com

phone: +6285263573739

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui kajian lama fermentasi terhadap kadar alkohol tape ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*) pada bulan Maret hingga Mei 2015. Hasil penelitian digunakan untuk pengembangan Lembar Kerja Siswa untuk mata pelajaran Biologi pada konsep Bioteknologi konvensional kelas XII SMA. Penelitian ini dilaksanakan dengan 2 tahap yaitu tahap riset lapangan dan tahap pengembangan Lembar Kerja Siswa. Penelitian eksperimen dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, yang terdiri dari 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 15 rancangan percobaan. Jika terdapat uji nyata maka akan dilakukan uji lanjut DMRT. Parameter yang diamati meliputi kadar alkohol, suhu, pH, organoleptik tekstur, aroma, warna dan rasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar alkohol tape ketan hitam (*Oryza sativa glutinosa*). Lama fermentasi 120 jam merupakan lama fermentasi terbaik, dimana dapat menghasilkan kadar alkohol tertinggi yaitu dengan rata-rata 0,23%. Suhu yang dihasilkan oleh tape ketan hitam berkisar antara 30,5°C-33,6 °C. pH yang dihasilkan oleh tape ketan hitam berkisar antara 4,64-3,54. Sedangkan untuk organoleptik tekstur, aroma, warna dan rasa tape ketan hitam yang paling disukai panelis pada perlakuan lama fermentasi 72 jam. Hasil dari penelitian dapat digunakan sebagai Lembar Kerja Siswa pada mata pelajaran Biologi konsep bioteknologi konvensional kelas XII SMA.

Kata kunci: Lama fermentasi, Tape ketan hitam, Lembar Kerja Siswa

PENDAHULUAN

KTSP adalah kurikulum operasional yang disusun dan dilaksanakan oleh masing-masing satuan pendidikan. Dalam hal ini, sekolah diberi keleluasaan untuk mengembangkan kurikulumnya. Guru merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam perubahan kurikulum dan implementasinya dalam pembelajaran. Seorang guru memiliki kewajiban dalam mengembangkan perangkat pembelajaran. Salah satu perangkat pembelajaran yang dapat dikembangkan oleh guru adalah Lembar kerja Siswa (LKS)

Salah satu materi yang terdapat didalam silabus mata pelajaran Biologi kelas XII adalah konsep bioteknologi. Aplikasi dari konsep bioteknologi konvensional pada bidang pangan di sekolah biasanya mengenai cara pembuatan tape. Dari hasil penelitian Hafidatul Hasanah (2012) mengenai pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol tape singkong, didapatkan kesimpulan bahwa lama fermentasi 120 jam memiliki kadar alkohol yang lebih tinggi dengan persentase 11,8% dibandingkan lama fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Batas maksimal yang ditetapkan oleh LPPOM MUI mengenai persentase alkohol yang terkandung dalam makanan adalah sebanyak 1%, sehingga kita perlu mengetahui lama fermentasi yang disarankan dengan melihat kadar alkohol yang dihasilkan pada fermentasi tersebut. Sedangkan menurut SNI No. 01-4018-1996 mengenai batas kadar alkohol dalam makanan dan minuman adalah sebesar 8-20 %.

Umumnya sekolah melakukan praktikum mengenai cara pembuatan tape singkong. untuk membuat pembelajaran pada materi bioteknologi konvensional ini lebih inovatif, maka perlu dilakukan pembuatan tape dengan bahan baku selain singkong yaitu dari beras ketan hitam dengan memberi perlakuan berupa lama fermentasi. Dengan adanya hasil penelitian yang akan dikembangkan dalam bentuk Lembar Kerja Siswa, diharapkan siswa dapat berpikir kreatif dan inovatif dalam memahami konsep bioteknologi tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan dalam tahap pembuatan tape, sedangkan tahapan pengukuran parameter dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Universitas Riau pada bulan Maret 2015 hingga April 2015. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang terdiri dari 2 tahap yaitu tahap riset lapangan dan tahap pengembangan modul pembelajaran. Tahap riset lapangan dilakukan dengan penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, terdiri dari 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 15 rancangan percobaan. Jika terdapat uji nyata maka akan dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Parameter utama pengamatan yaitu kadar alkohol tape ketan hitam serta parameter pendukung meliputi suhu, pH dan organoleptik tape ketan hitam. Data yang dihasilkan merupakan data primer yang diperoleh secara langsung dengan melakukan pengukuran di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau. sementara uji organoleptik oleh 10 panelis yang merupakan teman sejawat dilakukan di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau

Pengembangan LKS dilakukan berdasarkan hasil riset yang diperoleh pada tahap pertama. Hasil penelitian tersebut disesuaikan dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang telah ditetapkan. Hasil penelitian tentang kadar alkohol tape ketan hitam yang didapatkan dikembangkan menjadi sumber belajar berupa LKS pembelajaran. Langkah pengembangan LKS pembelajaran dilakukan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) oleh Dick and Carry (2005). Pengembangan LKS pembelajaran hanya dilakukan pada tahap *Analysis, Design dan Development*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengukuran kadar alkohol dari tape ketan hitam. Rerata hasil pengukuran terhadap kadar alkohol tape ketan hitam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata kadar alkohol tape ketan hitam

No	Lama fermentasi (Jam)	Kadar Alkohol (%)
1	24	0,23 e
2	48	0,63 d
3	72	1,03 c
4	96	3,03 b
5	120	7,43 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa lama fermentasi yang terbaik dalam menghasilkan alkohol adalah pada perlakuan lama fermentasi 120 jam atau lima hari yang menunjukkan beda nyata melalui uji DMRT. Rentang antara lama fermentasi 96 jam dan 120 jam mengalami peningkatan yang cukup tajam. Lama fermentasi dipengaruhi oleh faktor-faktor yang secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap proses fermentasi. Menurut Kunaepah (2008), ada banyak faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain substrat, suhu, pH, oksigen, dan mikroba yang digunakan.

Substrat merupakan bahan baku fermentasi yang mengandung nutrient-nutrien yang dibutuhkan oleh mikroba untuk tumbuh maupun menghasilkan produk fermentasi. Nutrient yang paling dibutuhkan oleh mikroba baik untuk tumbuh maupun untuk menghasilkan produk fermentasi adalah karbohidrat. Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras ketan hitam. Menurut Direktorat Gizi Depkes RI, beras ketan hitam (per 100 gram) memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 78 gr. Karbohidrat yang terdapat didalam beras ketan hitam tersebut digunakan sebagai penghasil energi bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.

Menurut setyohadi (2006), semakin lama fermentasi maka semakin banyak glukosa yang dirombak menjadi alkohol sehingga kadar alkohol yang dihasilkan semakin tinggi. Meningkatnya kadar alkohol yang dihasilkan oleh tape ketan hitam berkaitan dengan fase-fase pertumbuhan *Sacharomyces cereviciae*, yang dimulai dari fase adaptasi (*Lag phase*), fase eksponensial (*Log phase*), fase stasioner (*Stationer phase*), dan fase kematian (*Death phase*).

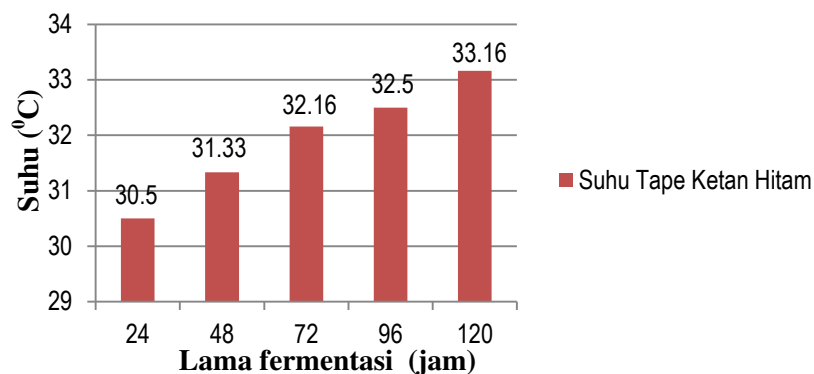
Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa pada waktu ke 24 jam kadar alkohol yang dihasilkan masih berkisar 0.23 %, hal ini diduga karena *Saccharomyces cerevisiae* masih dalam fase adaptasi. Fase adaptasi digambarkan dengan garis kurva dari keadaan nol kemudian sedikit ada kenaikan. Di dalam fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami masa adaptasi dengan lingkungan dan belum ada pertumbuhan.

Pada jam ke 48 sampai dengan jam ke 120 kadar alkohol yang dihasilkan semakin meningkat, hal ini diduga disebabkan oleh pertumbuhan *Sacharomyces cereviciae* yang berada pada fase eksponensial. Fase eksponensial digambarkan dengan garis kurva yang mulai menunjukkan adanya peningkatan yang tajam. Pada fase ini *Saccharomyces cerevisiae* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat. Menurut Prescott and Dunn (1981), Meningkatnya jumlah sel *Sacharomyces cereviciae* disebabkan oleh kadar nutrisi berupa amilum yang terdapat pada ketan hitam masih tersedia untuk menunjang metabolismenya dalam menghasilkan alkohol. Di dalam fase ini terjadi pemecahan gula secara besar-besaran guna memenuhi kebutuhan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil pemecahan gula oleh *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan anaerob menghasilkan alkohol, kemungkinan dihasilkan alkohol paling tinggi pada fase ini.

Setelah fase eksponensial berakhir, pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* akan memasuki fase stasioner. Fase stasioner digambarkan dengan garis kurva mendatar yang menunjukkan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang hidup sebanding dengan jumlah yang mati. Fase kematian digambarkan dengan penurunan garis kurva yang biasanya terjadi pada lama fermentasi lebih dari 7 hari. Pada fase ini jumlah *Saccharomyces cerevisiae* yang mati jumlahnya lebih banyak sampai akhirnya semua *Saccharomyces cerevisiae* mati (Azizah dkk, 2012)

Berdasarkan standar SNI No. 01-4018-1996, persentase kadar alkohol yang diperbolehkan dalam bahan makanan dan minuman maksimal berkisar antara 8-20 %. Untuk makanan sejenis tape ketan hitam yang difermentasikan selama 120 jam akan menghasilkan kadar alkohol sekitar 7.43 % yang masih sesuai dengan batas maksimum yang ditentukan oleh SNI. Namun menurut Azizah dkk (2012), semakin lama waktu fermentasi tape dapat menyebabkan alkohol yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* akan dipecah oleh bakteri *Acetobakter* menjadi asam. Rasa asam yang dimiliki oleh tape yang difermentasikan dalam waktu yang lama jika dikonsumsi akan menyebabkan ketidakseimbangan asam basa didalam tubuh yang akan menimbulkan gangguan metabolisme bagi kesehatan. Menurut LPOM MUI, batas maksimal kadar alkohol yang diperbolehkan dalam makanan adalah sebesar 1 %. Namun, batas maksimal yang ditetapkan oleh MUI tersebut berlaku hanya apabila pada kadar alkohol sebesar 1% dalam suatu makanan dapat menyebabkan konsumen merasa hilang kesadaran atau mabuk.

Selain kadar alkohol tape ketan hitam, suhu dan pH tape ketan hitam juga merupakan parameter yang dapat menentukan kualitas dari tape ketan hitam. Berikut disajikan grafik hasil pengukuran suhu tape ketan hitam pada Gambar 1.

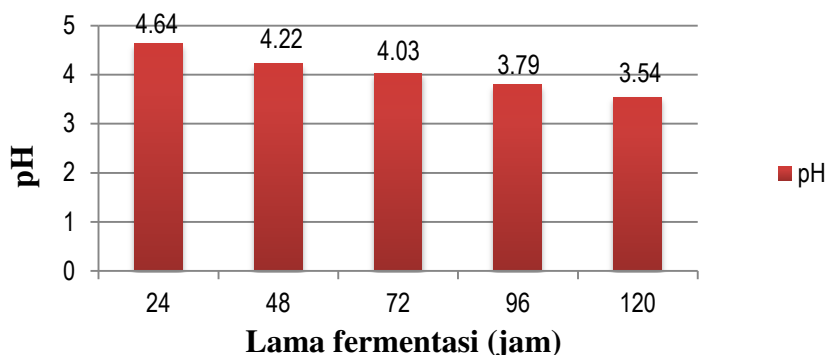


Gambar 1. Rerata suhu tape ketan hitam

Dari gambar 4.2 dapat dilihat semakin lama waktu fermentasi suhu tape ketan hitam mengalami peningkatan. Lama fermentasi 120 jam memiliki suhu yang lebih tinggi dengan rata-rata 33.16°C dibandingkan lama fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Menurut Kumalasari (2011), *Saccharomyces cerevisiae* akan tumbuh optimal dalam kisaran suhu $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ dan puncak produksi alkohol dicapai pada suhu 33°C , dengan demikian Suhu tersebut merupakan suhu yang optimal bagi *Saccharomyces cerevisiae* dalam memproduksi alkohol sehingga kadar alkohol yang dihasilkan pada lama fermentasi 120 jam juga semakin meningkat. Jika suhu terlalu rendah, maka fermentasi akan berlangsung secara lambat dan sebaliknya jika suhu terlalu tinggi maka *Saccharomyces cerevisiae* akan mati sehingga proses fermentasi tidak akan berlangsung. Dengan demikian *Saccharomyces cerevisiae* termasuk kedalam mikroba mesofilik yaitu mikroba yang memiliki batas temperatur antara $5^{\circ}\text{C}\text{--}60^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperature optimumnya antara $25^{\circ}\text{C}\text{--}40^{\circ}\text{C}$.

Enzim-enzim yang terlibat dalam proses fermentasi dapat bekerja pada suhu yang optimum, sehingga dengan suhu yang optimum pada lama fermentasi 120 jam menyebabkan pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* yang sangat pesat yang diikuti dengan peningkatan metabolisme selnya, hal ini dibuktikan dengan tingginya kadar alkohol yang dihasilkan oleh pada lama fermentasi tersebut dimana alkohol ini merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses fermentasi.

Lama fermentasi 24 jam memiliki suhu terendah dengan rerata suhu $30,5^{\circ}\text{C}$ dari lama fermentasi yang lain, hal ini menyebabkan kerja enzim yang terlibat dalam proses fermentasi tidak optimal, sehingga kadar alkohol yang dihasilkan pada lama fermentasi 24 jam tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Menurut Pelczar (1986), aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu, mulai pada suhu rendah aktivitas enzim bertambah dengan naiknya suhu sampai aktivitas optimumnya dicapai. Kenaikan suhu lebih lanjut berakibat dengan berkurangnya pada aktivitas enzim dan akhirnya menyebabkan perusakan enzim. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan serangga antara lain suhu udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya diambil sebagai data pendukung penelitian. Adapun rerata hasil pengukuran pH disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Rerata nilai pH pada tape ketan hitam

Dari gambar 2 dapat dilihat terjadi penurunan nilai pH dengan semakin lama proses fermentasi. Nilai pH terendah didapat pada perlakuan lama fermentasi 120 jam. Hal ini disebabkan oleh hasil fermentasi yang berupa etanol dan CO₂ serta hasil-hasil metabolisme dari *Saccharomyces cerevisiae* yang menyebabkan nilai pH selama proses fermentasi semakin turun atau semakin asam. Menurut Elevri dan Putra (2006), *Saccharomyces cerevisiae* dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH 4,5. Dalam penelitian ini, produk fermentasi yang dihasilkan adalah alkohol. Alkohol bersifat asam, sehingga semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin banyak alkohol yang terbentuk kondisi ini menyebabkan pH substrat semakin rendah. Penurunan nilai pH yang terjadi menunjukkan bahwa mikroorganisme pada fermentasi tape termasuk dalam mikroorganisme asidofilik yaitu mikroorganisme yang mampu hidup pada kisaran pH antara 2 sampai 5.

Menurut Setyohadi (2006), fermentasi diartikan untuk semua kegiatan yang menunjuk pada berbagai aksi mikrobial yang tertentu dan jelas. Pada proses fermentasi, karbohidrat terlebih dahulu dipecah menjadi glukosa kemudian glukosa tersebut dipecah lagi menjadi alkohol, asam asetat dan senyawa organik lainnya.. Apabila proses fermentasi tape terus berlanjut maka terbentuk asam asetat karena adanya mikroba *Acetobacter* yang sering terdapat pada ragi yang bersifat oksidatif. Metanol yang dihasilkan dari penguraian glukosa akan dipecah oleh *Acetobacter* menjadi asam asetat, asam piruvat, dan asam laktat. Asam piruvat adalah produk antara yang terbentuk pada hidrolisis gula menjadi etanol. Asam piruvat dapat diubah menjadi etanol dan asam laktat.

Desrosier (1988) menyatakan bahwa pada proses fermentasi akan dihasilkan asam-asam yang mudah menguap diantaranya asam laktat, asam asetat, asam formiat, asam butirat dan asam propionate Dengan semakin tinggi jumlah asam yang dihasilkan dari proses fermentasi maka akan menyebabkan nilai pH dari tape akan semakin menurun seperti terlihat pada gambar 2

Proses fermentasi bioetanol tidak hanya menghasilkan alkohol tetapi juga hasil samping (*by product*) yang berupa gas CO₂. Seiring meningkatnya lama fermentasi, produksi gas CO₂ juga semakin bertambah meskipun hasilnya tidak signifikan. Peningkatan produksi gas ternyata juga diikuti dengan penurunan nilai pH. Hal ini dapat dilihat pada akhir fermentasi yaitu pada jam ke-120, nilai pH nya paling rendah dengan rata-rata 3.54. Ini membuktikan bahwa produksi gas juga berkontribusi terhadap nilai pH. Menurut Kartohardjono dkk (2007), bahwa gas CO₂ sering disebut gas asam (*acid whey*) karena gas CO₂ memiliki sifat asam, oleh karena itu gas CO₂ juga berkontribusi terhadap nilai pH.

Selain suhu dan pH, uji organoleptik juga akan mempengaruhi kualitas dari tape ketan hitam. Uji organoleptik meliputi tekstur, aroma, warna dan rasa. Berikut disajikan data hasil uji organoleptik dari 10 orang panelis pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji organoleptik tape ketan hitam

Lama fermentasi (Jam)	Parameter			
	Tekstur *	Aroma**	Warna***	Rasa****
A (24)	2 (AL)	2.4 (AK)	2.1 (AH)	1 (TS)
B (48)	2.4 (AL)	3 (KT)	2.4 (AH)	1.8 (TS)
C (72)	3 (L)	3.6 (KT)	3 (H)	3.5 (S)
D (96)	3.3 (L)	3 (KS)	3.1 (H)	2.3 (AS)
E (120)	4 (SL)	1.2 (TK)	3.1 (H)	1 (TS)

Keterangan:

*AL (agak lunak), L (lunak), SL (sangat lunak)

**AK (agak khas tape), KT (khas tape), KS (khas tape), TK (tidak khas tape)

***AH (agak hitam), H (hitam)

****TS (tidak suka), S (suka), AS (agak suka), TS (tidak suka)

Berdasarkan tabel 2, kriteria nilai yang diberikan responden adalah 4, 3, 2 dan 1. Rata-rata untuk tekstur tape yang agak lunak panelis memilih lama fermentasi 24 jam dan lama fermentasi 48 jam, alasan panelis memilih agak lunak karena apabila tape tersebut ditekan, akan meninggalkan bekas pada tape namun tidak terlalu dalam. Untuk tekstur tape yang lunak, panelis memilih lama fermentasi 72 jam dan lama fermentasi 96 jam, alasan panelis memilih lunak adalah karena apabila tape tersebut ditekan maka tape akan menimbulkan bekas tekanan yang dalam, sedangkan untuk tekstur tape yang sangat lunak panelis memilih lama fermentasi 120 jam, alasan panelis memilih sangat lunak karena tape tersebut apabila diberikan tekanan, akan meninggalkan bekas yang dalam dan lembek. Tekstur merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas tape, selama fermentasi akan terjadi perubahan struktur dari tape yang dipengaruhi oleh aktivitas mikroba dalam proses fermentasi. Menurut Hidayat dan Suhartini (2006), semakin lama proses fermentasi, maka jumlah alkohol dan asam-asam organik yang dihasilkan akan semakin tinggidimana kita ketahui senyawa-senyawa tersebut berbentuk cair dan gas, hal inilah yang menyebabkan tekstur tape yang dihasilkan semakin lunak.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa untuk aroma tape dengan kriteria khas tape, panelis memilih lama fermentasi 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Alasan panelis memilih khas tape karena tape tersebut sudah memiliki aroma alkohol yang asam yang disukai oleh panelis. Untuk aroma tape dengan kategori agak khas tape, panelis memilih lama fermentasi 24 jam. Alasan panelis memilih agak khas tape karena tape tersebut memiliki aroma alkohol dan sedikit asam. Untuk aroma tape dengan kriteria tidak khas tape, panelis memilih lama fermentasi 120 jam. Alasan panelis memilih tidak khas tape adalah karena tape tersebut tidak memiliki aroma tape, namun memiliki aroma yang busuk dan menyengat. Menurut Setyohadi (2006), semakin lama proses fermentasi, maka kadar alkohol dan keasamannya akan semakin tinggi yang membuat aroma tape semakin menurun.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa untuk warna tape dengan kriteria agak hitam panelis memilih lama fermentasi 24 jam, alasan panelis memilih kriteria agak hitam karena tape tersebut masih berwarna hitam keunguan sehingga panelis mengambil kesimpulan bahwa warna tape tersebut agak hitam. Untuk warna tape yang hitam

panelis memilih lama fermentasi 48 jam, 72 jam, 96 jam dan 120 jam. Alasan panelis memilih kriteria hitam karena tape tersebut sudah berwarna hitam seluruhnya dan tidak lagi ditemukan warna keunguan pada tape, sehingga panelis mengambil kesimpulan bahwa warna tape tersebut adalah hitam. Menurut Soemartono dkk (1980), dalam beras ketan hitam terdapat zat warna antosianin yang dapat digunakan sebagai pewarna alami pada makanan. Warna beras ketan hitam disebabkan oleh sel-sel pada kulit ari yang mengandung antosianin. Antosianin merupakan pigmen berwarna merah, ungu dan biru yang biasa terdapat pada tanaman tingkat tinggi.

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa untuk rasa tape dengan kategori suka, panelis memilih lama fermentasi 72 jam. Alasan panelis memilih suka karena tape tersebut memiliki rasa yang enak dan terasa manis. Rasa yang dihasilkan tersebut disebabkan oleh alkohol yang dihasilkan dari penguraian glukosa oleh khamir akan dipecah menjadi asam asetat pada kondisi aerobik. Pada proses fermentasi lanjut, asam-asam organik yang terbentuk seperti asam asetat akan bereaksi dengan etanol membentuk suatu ester aromatik sehingga tape memiliki rasa yang khas. Tape dengan kategori agak suka panelis memilih lama fermentasi 48 jam dan 96 jam. Alasan panelis memilih lama fermentasi 48 jam karena tape tersebut belum terlalu manis, sedangkan pada lama fermentasi 96 jam, panelis menilai bahwa tape tersebut terasa agak asam dan kurang manis. Untuk rasa tape dengan kategori tidak suka panelis memilih lama fermentasi 24 jam dan 120 jam. Alasan panelis memilih lama fermentasi 24 jam adalah karena tape tersebut tidak manis dan terasa pahit, sedangkan untuk lama fermentasi 120 jam panelis menilai tape tersebut tidak enak dan terlalu asam sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Rasa yang dihasilkan oleh tape tersebut berkaitan dengan produk yang dihasilkan oleh mikroba dalam mengkonversi substrat menjadi alkohol dan gula. Menurut Karlina Simbolon (2008), semakin lama proses fermentasi maka nilai organoleptik rasa akan semakin menurun karena semakin banyak jumlah mikroorganisme yang akan merombak glukosa menjadi alkohol, asam, dan senyawa-senyawa lainnya.

Pengembangan LKS dari hasil penelitian mengacu pada tahapan pengembangan model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan. Tahapan-tahapan tersebut dijadikan landasan dalam merancang dan mengembangkan LKS. Pembahasan pada setiap tahapan ADDIE dapat dilihat di bawah ini.

1. *Analyze*

Pada tahapan *analyze*, peneliti melakukan analisis kurikulum untuk melihat tuntutan dan kenyataan di lapangan. Analisis kurikulum yang dilakukan adalah analisis terhadap Silabus Mata Pelajaran Biologi Kelas XII SMA pada topik Bioteknologi Konvensional. Berdasarkan analisis tersebut, pengembangan LKS disesuaikan dengan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) pada subtopik ini, yaitu SK: Memahami prinsip dasar bioteknologi serta implikasinya pada saling temas dan KD: Menjelaskan dan menganalisis peran bioteknologi serta implikasi hasil-hasil bioteknologi pada saling temas. Berdasarkan dari analisis tersebut, maka diperoleh spesifikasi indikator dan indicator pencapaian kompetensi yang digunakan untuk merancang LKS pembuatan tape.

2. *Design*

Tahapan kedua pada model pengembangan ADDIE adalah *design*. Pada tahap ini peneliti merancang skenario materi pokok, indikator dan tujuan pembelajaran untuk subtopik pembuatan tape berdasarkan tahapan sebelumnya. Selain itu, pada tahapan ini juga dilakukan perancangan LKS pembuatan tape berdasarkan analisis kurikulum yang

telah dilaksanakan. Format LKS yang dirancang oleh peneliti ini mengacu kepada Depdiknas (2008)3. *Development*

Setelah dilakukan desain LKS, langkah selanjutnya adalah *development* (pengembangan) LKS tersebut berdasarkan desain yang telah dibuat.

Tahap pengembangan LKS berupa realisasi rancangan produk pada tahap *development*, tidak dilanjutkan untuk tahap *implementation* dan *evaluation*. Kedua tahap tersebut akan dilaksanakan apabila ada penelitian lanjutan yaitu dengan mengimplementasikan LKS yang telah dikembangkan di sekolah.

Untuk menilai kevalidan dan kesahihan dari LKS yang telah dikembangkan ini, dilakukan validitas, baik internal maupun eksternal. Validitas internal bersumber dari pelaksanaan penelitian itu sendiri, sedangkan validitas eksternal bersumber dari luar penelitian yang dilaksanakan (Punaji Setyosari, 2010). Oleh karena itu, dilakukan validitas LKS oleh 3 orang dosen, baik secara internal yang terdiri dari 1 orang dosen pengampu mata kuliah Bioteknologi, 1 orang dosen pengampu mata kuliah di bidang Sistematika Tumbuhan Rendah yang akan mengimplementasikan LKS yang telah dikembangkan oleh peneliti dan secara eksternal oleh 1 orang dosen di bidang Pendidikan yang paham dengan cara penyusunan suatu LKS. Lembar validitas LKS dapat dilihat pada lampiran. Adapun hasil validasi dari ketiga validator ditampilkan sebagai rerata dalam Tabel 3

Tabel 3. Rerata Penilaian LKS oleh Validator

No	Komponen yang diamati	Rerata Penilaian			Rerata ketiga validator
		V1	V2	V3	
1	Aspek Perancangan	3.00	3.75	3.75	3.50
2	Aspek Pedagogik	3.00	3.40	3.40	3.26
3	Aspek Isi	3.00	3.25	3.75	3.33
	Rerata tiap validator	3.00	3.46	3.63	3.36
	Kategori validitas				Valid

Keterangan:

V : Validator

Dari ketiga komponen yang diamati yaitu aspek perancangan, aspek pedagogik dan aspek isi diperoleh rerata skor total 3,36 dengan kategori valid untuk validitas LKS yang dilakukan oleh ketiga validator. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suryono (2011) yang menyatakan bahwa rerata skor validitas yang berkisar antara 3-3,4 termasuk dalam kategori valid. Dari hasil validitas tersebut, ketiga validator memberikan kesan umum bahwa LKS ini dapat digunakan dalam pembelajaran dengan beberapa perbaikan/penyempurnaan.

Perbaikan yang disarankan oleh validator dapat dirincikan untuk membantu menyempurnakan LKS ini, saran-saran tersebut antara lain: Kegiatan yang terdapat didalam LKS disesuaikan dengan kegiatan yang terdapat didalam RPP, hasil pengamatan (pengumpulan data) dipisahkan dengan pertanyaan, perlakuan yang diberikan pada tape ketan hitam disesuaikan dengan kebutuhan anak SMA, tujuan praktikum dibuat spesiik sesuai dengan parameter yang akan diukur pada praktikum

Berdasarkan saran-saran yang telah diberikan validator, maka peneliti melakukan revisi terhadap LKS ini guna penyempurnaan LKS yang telah dirancang. Adapun LKS yang dicantumkan dalam penelitian ini adalah hasil revisi berdasarkan saran dari ketiga validator tersebut. Dengan demikian, LKS yang telah dikembangkan dapat digunakan

dan diimplementasikan untuk dua kali pertemuan dalam proses pembelajaran Biologi Kelas XII.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar alkohol, suhu, pH dan organoleptik tape ketan hitam. Tape ketan hitam yang terbaik untuk dikonsumsi adalah pada perlakuan lama fermentasi 72 jam atau 3 hari yang memiliki rerata kadar alkohol 1.03%, rerata suhu 32.16 °C, rerata nilai pH 4.03 dan menghasilkan organoleptik yang disukai oleh konsumen. Hasil penelitian dapat dikembangkan dan diimplementasikan sebagai LKS pada pokok bahasan Bioteknologi konvensional pada mata pelajaran Biologi kelas XII SMA

Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan untuk mengukur kadar karbohidrat, protein dan vitamin B1 yang terkandung didalam tape ketan hitam untuk mengetahui nilai gizi dari tape ketan hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Al Baarri, S. Mulyani. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, Ph Dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi teknologi Pangan* 1(2): 72-77. Fakultas peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.Semarang
- Desrosier,N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. UI.Press.Jakarta
- Dick, W. and Carey, L. 2005. *The Systematic Design of Instruction*. Allyn and Bacon; 6th ed.
- Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan RI. 1992. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bharata Jakarta.
- Elevri, P. A. dan S. R. Putra. 2006. Produksi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang diamobilisasi dengan agar batang. *Akta Kamindo* 1(2):)105D114.
- Hafidatul Hasanah, akyunul Jannah, dan Ghanaim Fasya. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Singkong (*Manihot Utilissima* Pohl). *Jurnal Alchemy* (2)1:68-79. FST UIN Maulana Ibrahim Malang. Malang
- Hidayat dan Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Andi. Yogyakarta
- Karlina Simbolon. 2008. Pengaruh Persentase Ragi Tape dan Lama Fermentasi terhadap Mutu Tape Ubi Jalar . Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan
- Kartohardjono, S. Anggara, Subihi, dan Yuliusman. 2007. Absorpsi CO₂ dari campurannya dengan CH₄ atau N₂ melalui kontaktor membran serat berongga menggunakan pelarut air. *Jurnal Teknologi* (11)(2):)97D102.

- Kumalasari. 2011. Pengaruh Variasi Suhu Inkubasi terhadap Kadar Etanol Hasil Fermentasi Kulit dan Bonggol Nanas (*Ananas sativus*). Skripsi tidak dipublikasikan. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang
- Kunaepah, U. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pelczar, Reid, and Chen. 1983. *Microbiology 4th Edition*. Tata Mc Grow Hill Book Company. Newyork
- Presscott, S.C and C.G Dunn. 1982. *Indrustrial Microbiology., 4 th Ed*. Mc Grow Hill Book Company. Newyork
- Punaji Setyosari. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Prenada Media Group. Jakarta.
- Setyohadi. 2006. *Proses Mikrobiologi Pangan (proses kerusakan dan pengolahan)*. USU Press. Medan
- SNI No. 01-4018-1996. 1996. Batas Maksimum Alkohol dalam Makanan dan Minuman. Badan Standar Nasional. Jakarta
- Soemartono, Bahrin Somad dan Hardjono. 1980. Bercocok Tanam Padi. CV Yasaguna. Jakarta
- Suryono . 2011. *Pengembangan Instrument Penilaian Alat Evaluasi Pembelajaran Fisika*. Skripsi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.